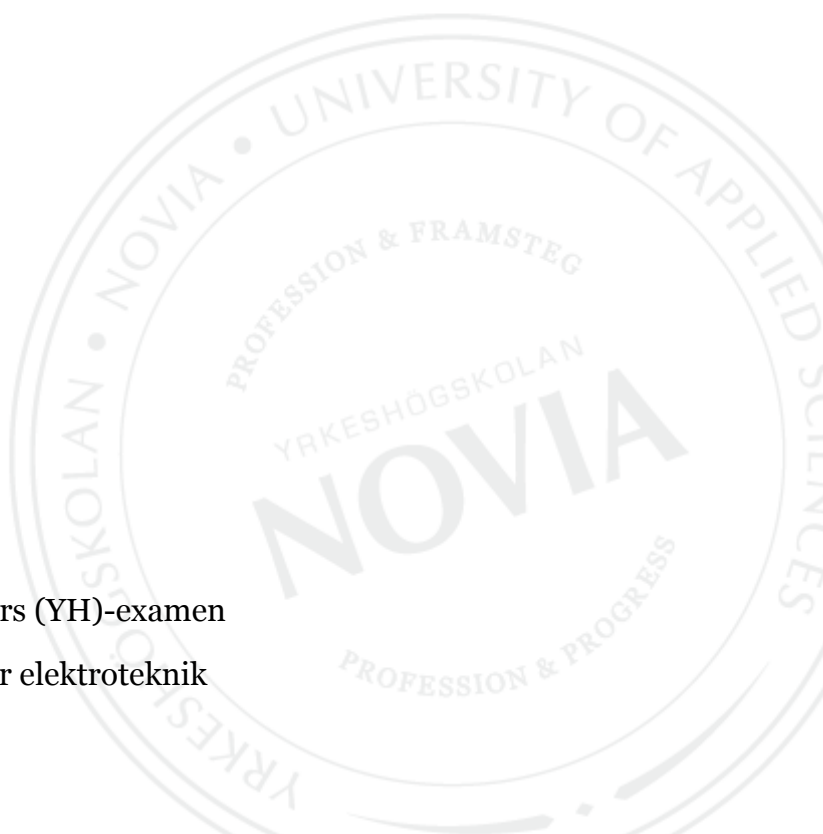


KNX-komponentdatabas och energiundersökning

Klaus Erlands

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för elektroteknik
Vasa 2011



EXAMENSARBETE

Författare: Klaus Erlands
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Elkraftsteknik
Handledare: Dag Björklund

Titel: *KNX-komponentdatabas och energiundersökning*

Datum 27.04.2011 Sidantal 29 Bilagor 2

Abstrakt

Detta examensarbete behandlar planerandet och skapandet av en KNX-komponentdatabas samt beräkningsplaneringar för en KNX-planeringsapplikation, dessutom behandlar den en energiundersökning där standardinstallationer och KNX-styrning jämförs i syfte att ta reda på hur stor del man kan spara i energikostnader på ett år. I energiundersökningen har utgångspunkten varit en elförbrukningsstudie som gjorts i Finland. Av denna undersökning kan man se hur fördelningen av energiförbrukning är i olika modellbostäder. Tre olika bostadsmodeller, alla egnahemshus ur elförbrukningsstudien, behandlas i detta examensarbete. Därefter har KNX-undersökningar studerats för att ta reda på inom vilka områden man kan spara energi genom att använda KNX-teknik. När områdena som man kan göra energibesparingar på har kartlagts, görs beräkningar för investeringskostnader för KNX-komponenter som krävs för att uppnå så stor energibesparing som möjligt, varefter kostnaderna jämfördes med den årliga ekonomiska inbesparingen i energikonsumtion för att kunna beräkna en återbetalningstid för de tre olika modellbostäderna. Resultaten visar att det är kortast återbetalningstid för en bostad med endast elektrisk uppvärmning, i och med att den står för stor del av förbrukningen och genom att installera KNX-styrning kan man skära ner betydligt på de årliga elkostnaderna.

Språk: svenska Nyckelord: KNX, databas, energiundersökning

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Klaus Erlands
Koulutusohjelma ja paikkakunta:	Sähkötekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja:	Dag Björklund

Nimike: *KNX komponenttitietokanta ja energiatutkimus*

Päivämäärä 27.04.2011 Sivumäärä 29 Liitteet 2

Abstrakti

Tämä opinnäytetyö käsittelee KNX komponenttitietokannan suunnittelua ja toteutusta sekä laskelmasuunnittelua KNX suunnitteluovellukselle. Lisäksi opinnäytetyö käsittelee energiatutkimusta jossa perussähköasennuksia verrataan KNX ohjaukseen selvittääkseen kuinka paljon säästettävää energiakustannuksissa on vuosittain. Energiatutkimuksessa lähtökohtana on ollut Suomessa tehty sähkönkulutustutkimus. Tutkimuksesta käy ilmi miten sähkökulutus jakautuu eri käyttökohteisiin erilaisissa malliasunnoissa. Kolme eri malliasuntoa on käytetty tässä opinnäytetyössä, kaikki omakotitaloja. KNX tutkimuksia on tutkittu jotta potentiaaliset energiansäästökohteet KNX tekniikkaa käyttämällä löytyisi. Niiden perusteella on valittu KNX komponentit jotka tarvitaan jotta maksimaalinen energiansäästö on saavutettavissa. Sijoituskustannukset verrataan vuosittaiseen taloudelliseen energiansäästöön energiankulutuksessa, jotta malliprojektien takaisinmaksuajat voi laskea.

Tulokset osoittavat että lyhin takaisinmaksuaika koituu malliasunnolle jossa on ainoastaan sähkölämmitys. KNX tekniikalla sähkölämmityksen ja valaistuksen energiankulutusta voi laskea huomattavasti vuosittain.

Kieli: ruotsi Avainsanat: KNX, tietokanta, energiatutkimus

BACHELOR'S THESIS

Author: Klaus Erlands

Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa

Specialization: Electrical power engineering

Supervisor: Dag Björklund

Title: *KNX component database and energy investigation*

Date 27.04.2011 Number of pages 29 Appendices 2

Abstract

This Bachelor's thesis comprises the planning of and the creation of a KNX component database and the planning of calculation theories for a KNX planning application. The thesis work describes an energy investigation where standard electrical installations are compared to KNX controlling. This comparison is made to find out how much energy can be saved by converting into KNX technology. The basis for the investigation is an investigation of electrical consumption made in Finland, which shows how the electrical consumption is divided into areas of use in different model flats. Three of these model flats from the electrical consumption investigation are used in the energy investigation in this thesis. By studying KNX investigations the areas in which energy may be saved by converting into KNX controlling are found. When knowing in which areas energy can be saved, the necessary KNX components needed to control the flat with the intention to save as much energy as possible are chosen. By comparing the investment costs of the KNX components to the yearly economic savings in energy consumption it is possible to calculate the repayment time of the three model flat projects.

The result shows that flats that use only electrical heating have the shortest repayment time, because the heating is the biggest energy consumer and by installing KNX controlling it is possible to cut down the energy consumption considerably.

Language: Swedish Key words: KNX, database, energy investigation

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 EPS- European Project Semester	1
2 Projektbeskrivning	2
3 Vad är KNX?.....	3
4 KNX-komponentdatabas	4
4.1 Introduktion till relationsdatabasen	4
4.2 Programval för skapande av databas	5
4.3 Databasens struktur	5
4.3.1 Products	5
4.3.2 ProductCategory	7
4.3.3 Dependencies	8
4.4 Indikatorfunktionerna	8
4.4.1 Carbon footprint inklusive beräkningsformel	9
4.4.2 Energikonsumtion inklusive beräkningsformel	10
4.4.3 Komfortnivåteori samt formel för beräkning	11
4.4.4 Indikatorberäkningsexempel	12
5 Energiundersökning	14
5.1 Teori för energiförbrukningsminskning med KNX-styrning	14
5.2 Statistik över genomsnittlig energiförbrukning för bostäder med standardinstallationer	17
5.3 Jämförelse mellan standardinstallationer/KNX-styrning	19
5.3.1 Beräkning av ekonomisk inbesparing med KNX-teknik	19
5.3.2 Jämförelse i belysningskostnader mellan standardbelysning och KNX- belysningsdesign	22
5.4 Investeringskostnad för KNX-komponenter	23
5.5 Återbetalningstid för byte till KNX-styrning av bostad	26
6 Diskussion	28
Källförteckning	29

1 EPS- European Project Semester

European Project Semester, EPS, är ett program som främst riktar sig till ingenjörsstuderanden i Europa som studerar tredje eller fjärde året. EPS finns i tio universitet i åtta länder runt om i Europa, bland annat i Yrkeshögskolan Novia, enheten för teknik och kommunikation, i Vasa.

Tanken med EPS är att förbereda ingenjörsstuderandena för vad som väntar ute i arbetslivet genom att erbjuda projekt, vilka skall motsvara de utmaningar, som man kan förvänta sig att en ingenjör kan ställas inför i arbetslivet.

Projektkursen EPS består av en inledande teoretisk del och den praktiska delen som själva projektarbetet står för. Själva projektet utförs i grupper om 3–6 personer. Projekten väljs så att uppgifterna ska motsvara studerandenas studieinriktningar och färdigheter.

EPS startade år 1994 och har sedan dess växt i popularitet bland studeranden. Länder som ordnar EPS-projekt är Finland, Danmark, Holland, Belgien, Norge, Tyskland, Polen och Spanien. Universiteten och högskolorna har ett nära samarbete för att kunna erbjuda projekt åt studeranden. Tack vare populariteten har även andra institutioner visat intresse för att ordna EPS-projekt, så i framtiden kommer utbudet av EPS vara ännu bredare.

Under höstterminen 2010 deltog fyra studeranden från Spanien och Holland samt tre studeranden från Yrkeshögskolan Novia i EPS-projektkursen. Studerandena delades in i två grupper som arbetade med skilda projekt. Projektgruppen som arbetade med projektet, som detta examensarbete är en del av, bestod av Akgun Toprak (Holland), Maria Orts Tormos (Spanien), Yan Chen (Kina, Novia) samt Klaus Erlands (Novia).

2 Projektbeskrivning

Projektet, som detta examensarbete bygger på, gjordes åt företaget BEMI Automation i Vasa. BEMI Automation är specialiserat på belysningsplanering samt planering och programmering av KNX-styrning i så kallade ”intelligenta hem”.

Projektet som utfördes under höstterminen 2010 handlade om att skapa en applikation på Internet för att BEMI:s kunder skall kunna planera sina ”intelligenta hem” i stora drag hemifrån.

Bakgrunden till projektet var att BEMI Automation ville minska på tiden som spenderas på kundmöten. Tidigare har kunderna bokat möten med BEMI för att planera vad de önskar ha i sina hem. Detta har dock varit mycket tidskrävande och således kostat pengar för kunden. Genom att i stället använda planeringsapplikationen kan kunden definiera bostaden samt sina önskemål på egen tid hemifrån.

För att använda applikationen måste man skapa ett användarkonto för att kunna logga in på applikationen. När registreringen är klar börjar man med att definiera bostadstyp, antalet våningar, antal rum och typer av rum etc. Detta är den information BEMI är mest intresserad av för att kunna planera kundens önskemål. När kunden definierat bostaden kan kunden börja planera vad denne önskar ha i sin bostad.

Kunden kan se olika alternativ som BEMI kan erbjuda i form av belysningsdesign och KNX-styrning för allt från uppvärmning, belysning, ventilation, audio och video, larm etc. och därifrån välja ut vilka lösningar man önskar ha i sitt hus.

När kunden gått igenom alla steg i planeringen och kommit fram till vad han vill ha till sin bostad, fyller man i sina kontaktuppgifter varefter man kan sända ordern, helst med bifogade ritningar av bostaden, till BEMI.

Genom användning av denna applikation kan man således spara både tid och pengar, och förhoppningar finns att applikationen i framtiden även skall kunna användas internationellt.

3 Vad är KNX?

KNX är världens enda öppna standard för automationsteknik i mindre hem och större fastigheter. KNX-tekniken används bland annat för styrning av belysning, värme, ventilation, luftkonditionering, gardiner/markiser, larmsystem, ljud samt kontroll av vatten- och energiförbrukning.

KNX har godkänts som flera standarder för att möta kraven runt om i världen. Bland annat innehar KNX de europeiska standarderna CENELEC EN 50090 från år 2003 samt CEN EN 13321-1 som den tilldelades 2006. År 2006 godkändes KNX även enligt den internationella standarden ISO/IEC 14543-3. Dessutom har KNX godkänts den kinesiska standarden GB/Z 20965 (år 2007) och den amerikanska standarden ANSI/ASHRAE 135 (år 2005).

Produkter som bär KNX-logon är därmed certifierade och detta garanterar kompatibiliteten med andra KNX-produkter. Detta möjliggör att man kan använda sig av olika tillverkares produkter och ändå vara säker på att de fungerar sinsemellan.

KNX-intelligenta kontrollsystem lämpar sig lika bra för installationer i nya som i äldre bostäder och fastigheter. Tanken med KNX-teknik är att erbjuda människor komfort och även energisparande system i hemmet och i större fastigheter.

Undersökningar som gjorts med KNX-teknik visar att man kan spara stora mängder energi jämfört med standardinstallationer. Följande resultat har uppnåtts:

- upp till 40 % med KNX gardin/markiskontroll
 - upp till 50 % med KNX individuell rumskontroll
 - upp till 80 % med KNX belysningsstyrning
 - upp till 60 % med KNX ventilationsstyrning
- (KNX.org, 2009)

4 KNX-komponentdatabas

Detta examensarbete består av att skapa en KNX-komponentdatabas som skall användas i samband med KNX-planeringsapplikationen som de andra medlemmarna i gruppen jobbade med. Dessutom ingick det i uppgiften att planera funktionen samt beräkningssättet för de tre indikatorer som skall finnas på applikationen. Dessa har i syfte att berätta för kunden hur de olika valen av komponenter påverkar den totala energikonsumtionen, komforten samt carbon footprint, dvs. miljöpåverkan i bostaden.

Arbetet med databasen började med att samla in information om tillverkarna och deras utbud av komponenter som BEMI Automation använder. I detta fall använder företaget främst komponenter av Berker samt Schneider electric.

4.1 Introduktion till relationsdatabasen

Relationsdatabasen är den mest använda databasformen i dagens läge. Relationsdatabasen är uppbyggd av en eller flera olika tabeller, som i sin tur består av olika fält (kolumner) samt poster (rader). I KNX-komponentdatabasen kommer varje komponent individuellt att bilda en post i tabellen Products.

Själva idén med att använda relationsdatabaser är att göra databaserna så enkla som möjligt genom att minimera mängden av samma information som lagras på flera ställen. För att undvika att två identiska rader uppkommer används en primärnyckel. I KNX-komponentdatabasen kommer huvudtabellens Id-fält att fungera som primärnyckel. Detta eftersom Id-fältet väljs att fungera som autoincremented ID, vilket betyder att varje komponent som matas in i databasen får ett eget unikt Id automatiskt tilldelat i stigande ordning. På så sätt elimineras risken att två identiska rader uppkommer.

Som namnet på databasmodellen antyder, har de olika tabellerna i databaser relationer sinsemellan. Som länk mellan tabellerna fungerar gemensamma fält. Som ett exempel på detta kan nämnas tabellen Products ProductCategory-fält, som innehåller information i sifferform. Siffrorna refererar till informationen i tabellen ProductCategory-tabellen som i sin tur innehåller information i textform om vilka olika produkttyper KNX-komponenterna är indelade i. Som länk mellan tabellerna fungerar Products tabellens ProductCategory-fält och ProductCategory-tabellens Id-fält.

För att sedan hämta den information vi är intresserade av från databasen använder vi oss av SQL-frågespråk, men även andra frågespråk kan användas, t.ex. QBE (Query by Example). SQL (Structured Query Language) är ett standardiserat frågespråk, men olikheter finns eftersom olika databastillverkare har egna tillägg till standardspråket. (Rantanen, 1993; Brolin, 2002)

4.2 Programval för skapande av databas

Valet av program vid skapandet av komponentdatabasen föll på WAMP och Microsoft Excel. WAMP (Windows Apache MySQL PHP) är ett gratis program och är mycket enkelt att arbeta med i och med att man slipper skapa databasen genom att hårdkoda. Själva databasstrukturen och tabellerna är enkla att skapa. Först skapas själva databasen, varefter man kan skapa tabeller i databasen. Mängden kolumner i tabellerna definieras och namnges. Man definierar även vilken slags information kolumnerna kommer att innehålla (text, heltal, decimaltal etc.). Informationen som databastabellerna skall innehålla kan skapas i till exempel Microsoft Excel. Excel-filen sparas därefter som en CSV (Comma Separated Values) -fil och därefter kan man importera filen med information till databasens tabeller.

4.3 Databasens struktur

Stor vikt lades på planeringen av databasens struktur för att underlätta själva utförandet. Diskussioner fördes med BEMI i ett tidigt skede av projektet för att klargöra vilken sorts information som kommer att krävas i databasen. Därefter kunde själva strukturen börja visualiseras på papper. Av några olika alternativ valdes slutligen en modell med tre olika tabeller i vilka informationen länkas ihop med unika nycklar.

Komponentdatabasen består av följande tabeller:

- Products (huvudtabellen)
- Product types
- Dependencies

De olika tabellerna i databasen kommer att presenteras grundligt i kommande kapitel.

4.3.1 Products

Huvudtabellen i databasen är Products-tabellen. Denna tabell består av alla KNX-komponenter samt den mesta informationen om dessa komponenter. Följande information finns inmatad i Products-tabellen.

- ID
- Product name
- Product ID
- Product category
- Subcategory
- Manufacturer
- Number of channels
- Energy consumption
- Comfort
- Carbon footprint
- Price

Products			
Fält	Typ	Null	Kommentarer
Id	int(10)	Nej	Primärnyckel, Auto-incremented ID
ProductName	varchar(50)	Nej	
ProductID	varchar(12)	Nej	Länk till Dependencies tabellen
ProductCategory	int(10)	Nej	Länk till ProductCategory tabellen
SubCategory	int(12)	Nej	
Material	int(10)	Nej	
Manufacturer	varchar(50)	Nej	
NumberOfChannels	int(11)	Nej	
EnergyConsumption	int(12)	Nej	
Comfort	int(5)	Nej	
CarbonFootprint	int(5)	Nej	
Price	double	Nej	

Figur 1. Översikt av tabellen Products uppbyggnad.

Som man ser av tabellen i figur 1 innehåller Products information i både text- och sifferformat. Vid inmatning av komponenter i databasen måste varje kolumn innehålla information eftersom kolumnerna är inställda att de inte får vara tomma, dvs. de får inte vara "null". Varje komponent i tabellen tilldelas ett unikt ID-nummer automatiskt i stigande ordning när komponenter matas in i tabellen, genom att använda funktionen 'Auto incremented ID'. I figur 2 åskådliggörs relationerna mellan tabellerna Products, ProductCategory och Dependencies. I fältet ProductName matas det in en kort beskrivning av komponenten, där längden av information begränsas till max 50 tecken. I fältet ProductID kommer komponentens produktnummer och eftersom den kan bestå av såväl bokstäver och siffror samtidigt används typen "varchar" och längden på produktkoden begränsas till tolv tecken.

Fältet ProductCategory innehåller information i form av siffror och siffrorna refererar till informationen i undertabellen ProductCategories.

I fältet SubCategory delas KNX-komponenterna in ytterligare i underkategorier till kolumnen ProductCategory. Detta görs av den orsaken att komponenterna i t.ex. kategorin brytare dessutom är indelade i olika produktserier av brytare. Som exempel på detta kan nämnas S.1, K5 och Arsys brytare. Genom att dela in den i undergrupper är det lättare att söka efter de rätta komponenterna i databasen.

Fältet Material används för att ytterligare dela in komponenterna eftersom samma komponenter kan finnas i olika material eller färg. De olika materialen/färgerna kan sedan tilldelas olika nummer för att skilja komponenterna åt. Som exempel på komponenter som delas in enligt material eller färg kan nämnas Arsys seriens tryckknappar som finns i vit, natur vit, brons samt rostfritt stål. Andra komponenter kan behöva delas in enligt materialet, t.ex. plast, glas eller metall. Exempel på detta är B.IQ seriens tryckknappar som finns i just glas, rostfritt stål samt vit plast.

Genom denna indelning kan man hitta de unika komponenter som krävs med SQL-satserna.

Fältet Manufacturer innehåller kort och gott information om komponenttillverkaren, och längden begränsas till 50 tecken. Kolumnen NumberOfChannels består av information om komponentens kanalmängd (utgångar), mängden knappar på brytare etc. Fälten EnergyConsumption, Comfort samt CarbonFootprint innehåller information om komponenternas angivna uppskattade värden för energikonsumtion, komfort och miljöpåverkan som kommer att användas i beräkningarna för indikatorer i kapitel 4.4.

Den sista kolumnen innehåller priset för komponenterna och eftersom priset kommer att bestå av decimaltal används typen double. Priset kommer att vara kundens pris inklusive moms.

Tabellen Products innehållande komponenter och deras information finns bifogad som bilaga 1.

Table: Products

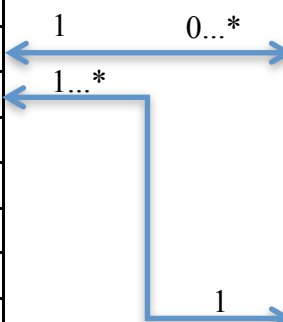
Fält
Id
ProductName
ProductID
ProductCategory
SubCategory
Material
Manufacturer
NumberOfChannels
EnergyConsumption
Comfort
CarbonFootprint
Price

Table: Dependencies

Fält
Product
Dependency
Characteristics

Table: ProductCategory

Fält
Id
ProductType



Figur 2. Relationerna mellan tabellerna i databasen och nycklarna.

Av figur 2 kan man se hur tabellen Products är länkad med tabellerna ProductCategory samt Dependencies. Relationen mellan Products och ProductCategory är many-to-one. Detta betyder att en eller många komponenter kan höra till en och samma produktkategori. Relationen mellan Products och Dependencies är one-to-many. Detta betyder att en produkt kan vara beroende av ingen, en eller flera komponenter eller ha ingen, en eller flera specialegenskaper.

4.3.2 ProductCategory

Denna tabell är en undertabell till huvudtabellen Products. Tabellen innehåller informationen om de olika produkttyperna som KNX-produkterna är indelade i. Informationen som finns i Products tabellens ProductCategory kolumn hör ihop med informationen i tabellen ProductCategory. Som man ser i tabellen i figur 3 består ProductCategory tabellen av en kolumn med Id som fungerar som länken mellan tabellerna Products och ProductCategory. Eftersom det endast är frågan om siffror, används typen "int" och längden begränsas till tio tecken liksom kolumnen ProductCategory i Products tabellen, eftersom dessa innehåller samma information. Den andra kolumnen innehåller information om vilken produktkategori det är frågan om i textformat, och därför används

typen "varchar" som tillåter bokstäver och siffror. Längden begränsas till 50 tecken. Inga fält får vara "null" dvs. tomma, utan alla fält bör innehålla sakenlig information. Tabellen ProductCategory innehållande information finns bifogad som bilaga 2.

ProductCategory

Fält	Typ	Null	Kommentarer
Id	int(10)	Nej	Länk till Products tabellen
ProductType	varchar(50)	Nej	

Figur 3. Översikt av uppbyggnaden av tabellen ProductCategory.

4.3.3 Dependencies

Denna tabell är till för tilläggsinformation om komponenterna. Tilläggsinformation kan t.ex. vara ifall en komponent är beroende av en tilläggskomponent eller adapter samt ifall komponenten har eventuella specialegenskaper eller monteringskrav. Exempel på specialegenskaper är reläer som mäter ström, som används för att kunna styra och kontrollera t.ex. bilens motorvärme inifrån huset. Figur 4 visar uppbyggnaden av databastabellen Dependencies.

Dependencies

Fält	Typ	Null	Kommentarer
Product	varchar(12)	Nej	Länk till Products tabellen
Dependency	varchar(12)		Beroende av komponent X
Characteristics	varchar(50)		Specialegenskap

Figur 4. Översikt av uppbyggnaden av tabellen Dependencies

Som länk mellan tabellerna Dependencies och Products fungerar fälten Product i Dependencies tabellen samt ProductId i Products tabellen. Fältet Dependency innehåller information om komponenten behöver någon tilläggskomponent för att fungera. Detta kan vara t.ex. en adapter eller en buskopplare. Detta fält kan lämnas tomt ifall det är fråga om att komponenten endast har en specialegenskap.

Fältet Characteristics innehåller information om de specialegenskaper komponenten i fråga har. Detta kan vara t.ex. att den mäter ström, tak- väggmontering etc. Därför används typen "varchar" och längden på informationen begränsas till 50 tecken. Detta fält kan lämna tomt ifall komponenten endast är beroende av en annan komponent.

Denna tabell innehåller i dagens läge ingen information, men kommer i framtiden att färdigställas.

4.4 Indikatorfunktionerna

På själva applikationssidan kommer det att synas tre indikatorer, visare, som mätare för följande värden: komfort, energikonsumtion samt carbon footprint (koldioxidavtryck). Tanken med detta är att kunden skall kunna se hur valen den gör påverkar just energikonsumtionen, komforten i bostaden samt miljön. Detta skall förhoppningsvis hjälpa kunden att välja rätt produkter enligt den ekonomiska aspekten och med tanke på miljön samt på önskemålet av komfort.

Med hjälp av detta kommer kunden även att kunna se att man tyvärr inte kan få alltför hög komfortfaktor med låg ekonomisk insats. Kunden kommer därför att behöva prioritera vad som är viktigast för en själv. Är man ute efter hög komfort, ekonomisk lösning eller miljövänliga alternativ.

Indikatorerna förväntas fungera dynamiskt, d.v.s. de skall reagera när kunden gör ett val eller ändrar något direkt utan att behöva spara eller uppdatera sidan. För att kunna skapa denna funktion måste man vid programmeringen använda sig av programmet AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*).

Varje komponent kommer att tilldelas värden för energikonsumtion, komfort och carbon footprint. Dessa värden är enhetslösa och uppskattade värden. Värdena tilldelas enligt skalan 0-10. En komponent som genom användning drar ström men samtidigt kan tänkas bidra till att energikonsumtionen i bostaden hålls låg, eller t.o.m minskar, tilldelas ett lågt värde för energikonsumtion. En komponent som däremot drar mycket ström tilldelas ett högt värde. Samma princip gäller för komfort och carbon footprint. En komponent som bidrar till förhöjd komfort i bostaden tilldelas ett högt komfortvärde, medan en standard komponent som inte bidrar med någon komfort tilldelas ett lågt komfortvärde. En komponent som bidrar till hög carbon footprint (koldioxidavtryck) tilldelas ett högt CarbonFootprint värde, medan en komponent som är mera miljövänlig i drift tilldelas ett lågt värde.

I dagens läge har endast några komponenter tilldelats trovärdiga värden för komfort, energikonsumtion och footprint. Alla komponenter har tilldelats värden, men dessa bör ändras i databasen manuellt till trovärdigare värden i ett senare skede.

4.4.1 Carbon footprint inklusive beräkningsformel

Carbon footprint, eller koldioxidavtryck, är en viktig faktor i dagens samhälle och främst med tanke på hållbar utveckling. Med koldioxidavtryck avses summan växthusgaser som en produkt släpper ut under dess livstid med början från att den produceras tills dess att den tas ur användning. Därför skall även kunden kunna se hur dess val av produkter påverkar miljön.

Varje komponent ges därför ett uppskattat individuellt värde för hur miljövänliga de är med tanke på användningen av dem. Enligt vad kunden väljer att ha i sin bostad skall programmet leta upp komponenterna i databasen och returnera deras "CarbonFootprint" värden. Dessa värden kan betecknas med bokstaven C . Beroende på hur många av vardera komponenten det är frågan om multipliceras värdet C_i för komponent 1 med mängden av samma komponent m_1 . Det totala värdet för koldioxidavtryck, C_{tot} , fås sedan genom att addera samtliga komponenters sammanlagda värden, $\sum_{i=1}^n C_i m_i$, och dividera med produkten av bostadens area och rum, $A \times N$. Orsaken till att man multiplicerar bostadens area, A , med antalet rum, N , beror på att två lika stora bostäder med olika antal rum kräver olika mängd komponenter för att kontrollera samma funktioner, t.ex. individuell rumsstyrning. Om man endast beaktade bostadens area i beräkningen skulle i så fall bostaden med fler rum få bättre värden på koldioxidavtryck, komfort och energikonsumtion än bostaden med samma yta men färre rum, fastän de har samma funktioner installerade. Det är detta beräknade C_{tot} värde som sedan kommer att visas som en indikator på applikationssidan. Formeln för beräkningen ser ut som följande:

$$C_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i m_i}{AN}$$

$C =$ Det angivna Carbonfootprint värdet för varje individuell komponent som kunden behöver.

$m =$ Mängden av vardera komponenten som behövs.

$A =$ Bostadens area i kvadratmeter (m^2).

$N =$ Antalet rum i bostaden.

4.4.2 Energikonsumtion inklusive beräkningsformel

Alla KNX-komponenter ges ett individuellt värde för hur de uppskattas påverka energikonsumtionen. Exempel på komponenter som tilldelas ett lågt energikonsumtionsvärde är närvarosensorer. Komponenten (närvarosensorn) drar i och för sig ström, men genom att installera den tillsammans med KNX-tekniken kan man styra belysning och temperatur i bostaden och därmed leda till att man i slutändan sparar energi. En komponent som däremot främst bidrar med komfort, lyx och endast ökad energikonsumtion i bostaden tilldelas ett högt värde för "EnergyConsumption". Tanken är att programmet ska räkna ut hur kundens val av olika produkter påverkar den totala energikonsumtionen.

När kunden gör val på planeringsapplikationen, ska programmet söka upp värdena för EnergyConsumption i Products-tabellen för de komponenter som behövs för att förverkliga kundens önskemål. Alla komponenter tilldelas uppskattade enhetslösa värden för hur de påverkar energikonsumtionen, W . Dessa individuella värden returneras och multipliceras med antalet av den specifika produkten m som krävs, och sedan adderas de olika komponenternas sammanlagda värden ihop till en total summa $\sum_{i=1}^n C_i m_i$.

För att beräkna det slutliga energikonsumtionsvärdet som kommer att visas som indikatorvärde går man till väga på samma sätt som i kapitel 4.4.1. Formeln ser ut enligt följande:

$$E_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i m_i}{AN}$$

$W =$ Det angivna energikonsumtionsvärdet för varje individuell komponent som kunden behöver.

$m =$ Mängden av varje komponent som behövs.

$A =$ Bostadens area i kvadratmeter (m^2).

$N =$ Antalet rum i bostaden.

4.4.3 Komfortnivåteori samt formel för beräkning

Komfort indikatorn förväntas fungera enligt principen att när kunden gör ett val på applikationssidan, ska programmet reagera och leta upp komfort värdena för de komponenter som kunden behöver, och därefter räkna ut ett komfortfaktorvärde/m². Exempel på komponenter som kan anses öka på komforten i bostaden är t.ex. närvarosensorer och centrala styrenheter (t.ex. Ipad) med vilken man kan styra bostadens alla funktioner. Komponenter som däremot inte kan anses tillföra desto mer komfort är t.ex. enkla knappbrytare.

Komponenternas komfortvärden hittas i KNX-databasens Products-tabell under kolumnen Comfort. De olika komponenternas uppskattade enhetslösa komfortvärden kan betecknas med X_n . Därefter kan man använda följande formel i uträkningen av totala komfortfaktorn, som vi kan beteckna med L_{tot} , för bostaden.

$$L_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i m_i}{AN}$$

$X =$ Det angivna komfortfaktorvärdet för varje individuell komponent som kunden behöver.

$m =$ Mängden av vardera komponenten som behövs.

$A =$ Bostadens area i kvadratmeter (m²).

$N =$ Antalet rum i bostaden.

4.4.4 Indikatorberäkningsexempel

För att åskådliggöra indikatorfunktionerna kommer jag att behandla en modellbeställning av ett projekt. Bostaden är 120 m² stor och har fem rum. Komponenterna som behövs kan ses i tabellen i tabell 1.

Tabell 1. Exempel på komponenter som krävs för ett projekt.

ProductCode	ProductName	Pcs	Å	Price
BE75010010	KNX strömkälla 640 mA	1	397,48	397,48
BE75310002	KNX reläpack 16/8 x 16 A	3	736,43	2209,29
BE75710003	KNX DALI gateway	1	625,65	625,65
BE75264001	KNX närvarosensor, comfort	4	173,43	693,72
BE75040003	KNX väyläiityntäyksikkö	4	88,20	352,8
BE75663780	S.1. Tryckknapp, 6-delar, termostat o display;	1	286,96	286,96
BE75040003	KNX väyläiityntäyksikkö	1	88,20	88,2
BE75316003	KNX värmestyrningsenhet; Triac 6x230 VAC	1	296,26	296,26
BE75900076	Ventilstyrning 230 V	6	35,69	214,14
BE75900072	Adapter till ventilstyrning	6	1,29	7,74
BE75312012	KNX ventilationsstyrning, DIN-skena; 2x 10 A	1	365,18	365,18

5537,42

Strömkällan finns i 320 mA och 640 mA. I detta fall används en 640 mA strömkälla i och med att 48 reläer beräknas behövas. Man räknar att ett relä drar ca 10 mA så detta skulle motsvara 480 mA och därmed vore strömkällan på 320 mA för liten. Ett relä kan styra en funktion. Dali Gatewayn behövs för styrning av lysrör. Ifall det hade varit 1-3 lysrör hade man klarat sig med dimmer på 3*1-10V, men i detta fall är det frågan om mer än tre lysrör och därmed krävs Dali. S.1. tryckknappen har inbyggd display och termostat och lämpar sig för individuell rumstemperaturstyrning i kombination med KNX-närvarosensorerna som har inbyggda temperaturgivare. En närvarosensor per rum används. Dessutom krävs en värmestyrningsenhet som klarar att styra sex olika rum och ventilstyrning till varje rum. Slutligen används även KNX-ventilationsstyrning.

I tabell 2 åskådliggörs exempelprojektets komponentlista och komponenternas påhittade enhetslösa värden för komfort-, energiförbrukning- samt miljöpåverkan. Utifrån dessa kan programmet, med hjälp av formlerna nedan, beräkna värdena som sedan kommer att visas som indikatorfunktioner på applikationssidan.

Tabell 2. KNX-komponentlista för beräkningsexempel för komfort-, energi konsumtions- och carbon footprint indikatorer.

		Pcs	Comfort level	Total comfort	Energy consumption	Total energy consumption	Carbon Footprint	Total Carbon Footprint
BE75010010	KNX strömkälla	1	4	4	4	4	4	4
BE75310002	KNX reläpack	3	4	12	4	12	4	12
BE75710003	DALI gateway	1	5	5	5	5	5	5
BE75264001	Närvarosensor	4	7	28	3	12	2	8
BE75040003	Väyläliityntäyksikkö	4	-	-	-	-	-	-
BE75663780	S.1. Tryckknapp	1	8	8	5	5	3	3
BE75040003	Väyläliityntäyksikkö	1	-	-	-	-	-	-
BE75316003	Värmestyrningsenhet	1	7	7	3	3	3	3
BE75900076	Ventilstyrning 230 V	6	6	36	4	24	3	18
BE75900072	Adapter	6	5	30	4	24	4	24
BE75312012	ventilationsstyrning	1	5	5	3	3	3	3
				135		92		80

$$A = 120 \text{ m}^2$$

$$N = 5$$

$$C_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i m_i}{AN} = \frac{80}{120 \text{ m}^2 \times 5} = \frac{80}{600 \text{ m}^2} = 0,133/\text{m}^2$$

$$E_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i m_i}{AN} = \frac{92}{120 \text{ m}^2 \times 5} = \frac{92}{600 \text{ m}^2} = 0,153/\text{m}^2$$

$$L_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i m_i}{AN} = \frac{135}{120 \text{ m}^2 \times 5} = \frac{135}{600 \text{ m}^2} = 0,225/\text{m}^2$$

5 Energiundersökning

I denna del av examensarbetet kommer jag att undersöka vilka möjligheter det finns att minska energikonsumtionen genom att istället för standard elinstallationer använda KNX-teknik för styrning av bostadens belysning, värme, ventilation, luftkonditionering samt motorvärme. Denna undersökning kommer att rikta sig främst till egnahemshus.

Tanken bakom denna undersökning är att ta reda på hur mycket man sparar in med KNX-teknik på årsbasis för att därmed kunna ta fram en modell för investeringskostnader kontra inbesparing/återbetalningstiden för installationen.

5.1 Teori för energiförbrukningsminskning med KNX-styrning

Man har gjort olika tester med KNX-installationer och kommit fram till att man faktiskt kan dra ner på energiförbrukningen med KNX.

Detta är möjligt genom så kallad intelligent styrning. Vanligaste användningsområdena för KNX är belysnings- samt temperaturstyrning. Genom att installera närvarosensorer, som är mera känsliga och noggranna än rörelsesensorer, i byggnaden kan man programmera KNX automatiken att släcka belysningen efter en viss tid ifall ingen är i rummet, samt att samtidigt sänka temperaturen i rummet. Mätningar som gjorts visar att redan en (1) grads temperatursänkning kan spara upp till 5 % i energiförbrukning (KNX.org, 2009).

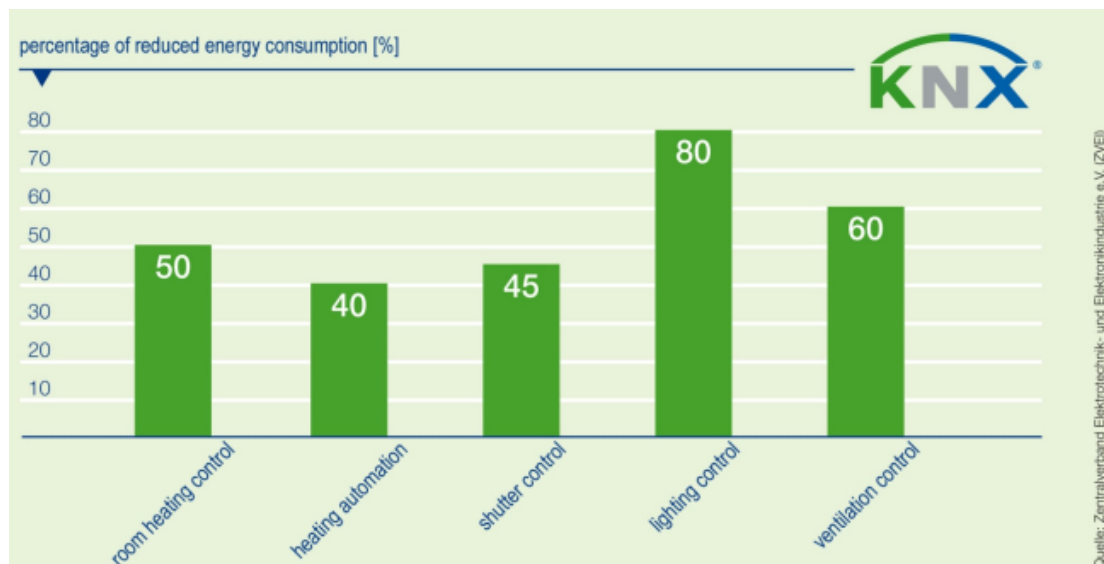
Med KNX belysningsstyrning har man i tester kommit till resultat som visar att man kan spara ända upp till 80 % av energin som förbrukas till belysning (KNX.org, 2009). Detta kräver dock att man förutom närvarosensorer även installerar ljusmängdssensorer. Ljusmängdssensorernas uppgift är att mäta mängden befintligt ljus i rummet för att därmed kunna reglera mängden ljus som skall tillföras genom extern belysning. För att ge ett konkret exempel på funktionen kan man jämföra dag- och kvällsbelysning. På dagen lyser solen och därmed behövs inte lika stark tilläggsbelysning som kvällstid då det är mörkare, speciellt vintertid.

Efter diskussioner med BEMI Automation togs beslutet att i beräkningarna i denna undersökning skulle jag utgå från att man sparar endast 60 % genom KNX-belysningsstyrning. Detta på grund av att KNX i sina egna undersökningar troligen använt sig av belysningsdesign för att få ner energiförbrukningen maximalt och att detta resultat sedan jämförts med standard belysning med glödlampor. Med belysningsdesign kan man troligen uppnå de 80 % som KNX gått ut med men i detta arbete behandlas inte belysningsdesign desto mer ingående. Därför utförs beräkningarna i denna undersökning med 60 % inbesparing av energi som används till belysning eftersom det ansågs vara ett mera realistiskt värde.

Genom att installera KNX-styrning för gardiner samt ventilationsstyrning i bostaden kan man spara upp till 60 % i av energin som förbrukas till ventilation. Detta är möjligt genom att temperaturgivare i rummet styr gardinerna och drar automatiskt för gardinerna när rumstemperaturen överstiger det förinställda värdet. Därmed håller gardinerna värmen utifrån borta, vilket gör att luftkonditioneringen inte behöver slita lika hårt för att hålla temperaturen nere i bostaden (KNX.org, 2009).

I figur 5 åskådliggörs grafiskt resultaten från KNX egna energiundersökningar med några exempel på hur mycket man kan spara sektorvis genom att använda KNX-styrning jämfört med standardinstallationer. Som man ser kan man genom belysningsstyrning spara upp till

80 % av energin som förbrukas till belysning i bostaden. Genom att installera individuell rumskontroll kan man spara upp till 50 % av energin som förbrukas till uppvärmning av varje rum (room heating control). Med ventilationskontroll kan man skära ner energiförbrukningen till ventilation av bostaden med 60 %. Dessa är de sektorer jag kommer att använda mig av vid beräkningarna för hur mycket man kan skära ner i energiförbrukning vid de tre olika modellbostäderna.



Figur 5. Potentiell energibesparing med KNX-styrning. källa:KNX.org

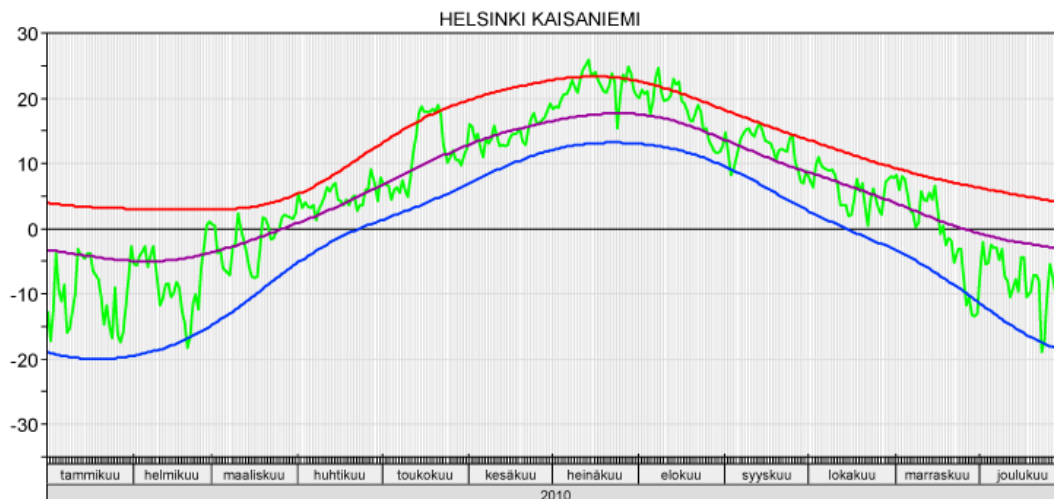
Man kan spara energi med KNX-teknik även för bilens motorvärme. En standard motorvärmarmolpe är normalt inställd på två timmars uppvärmning. Genom att använda KNX-styrning kan man programmera automatiken så att uppvärmningstiden följer temperaturen. I tabell 3 åskådliggörs de rekommenderade användningstiderna för motorvärmare. Som man kan se i tabellen rekommenderas det att man använder motorvärme två timmar vid -20 °C, medan rekommendationen för -5 °C är 1 h (Motiva, 2011). Genom att försöka uppskatta hur stor del av vinterhalvåret temperaturen ligger mellan -5 °C och -10 °C kan man räkna ut hur mycket man kan spara genom att under dessa dagar endast använda motorvärmaren 1 h i stället för det förinställda värdet på 2 h.

Tabell 3. Rekommenderade användningstider för motorvärme vid olika temperaturer. (Motiva, 2011).

temp °C	tid (h)
5...-5	½
-5...-10	1
-10...-30	2

I figur 6 åskådliggörs medeltemperaturen dygnsvis för år 2010. Av figuren kan man se att under januari och största delen av februari pendlar medeltemperaturen mellan -5 °C och -18 °C. I slutet av februari samt under hela mars ligger medeltemperaturen mellan -5 °C och +5 °C. I slutet av november samt i hela december pendlar medeltemperaturen mellan -5 °C och -19 °C.

Vuorokauden keskilämpötila tilastopohjalla



Figur 6. Dygnsmedeltemperatur året 2010. (Ilmatieteenlaitos, 2011)

En egen uppskattning av temperaturfördelningen under vinterhalvåret åskådliggörs i tabell 4. Man bör dock beakta att dessa värden kommer att variera kraftigt från år till år. Som man ser av tabellen uppskattar jag att under 41 % av dagarna under vinterhalvåret ligger temperaturen mellan -5°C och -10°C . Under dessa dagar behöver man endast använda motorvärme en timme. Detta betyder att under dessa dagar kan man teoretiskt spara 50 % av energiförbrukningen för motorvärme jämfört med om man körde med förinställda två timmars motorvärmning.

I dessa beräkningar har det inte beaktats eventuell besparing av energi när temperaturen ligger över -5°C eftersom jag uppskattar att motorvärme sällan används under dessa dagar.

Tabell 4. Egen approximerad temperaturfördelning under vintermånaderna år 2010.

Månad	jan	feb	mars	nov	dec	tot
Dygn	31	28	31	30	31	151
dygn, medeltemp $-10 \leq T \leq -5^{\circ}\text{C}$	4	4	25	25	4	62
procentuell andel	13 %	14 %	80 %	83 %	13 %	41 %

Som man ser av tabell 4 har jag gjort en uppskattning utgående från figur 6 att under vinterhalvåret ligger temperaturen mellan -5°C och -10°C under 41 % av dagarna. Under dessa dagar kan man då använda motorvärme en timme, vilket betyder 50 % energibesparing under dessa dagar. Den totala energibesparingen för motorvärme kan sedan beräknas genom att multiplicera den procentuella andelen dagar då temperaturen ligger mellan -5°C och -10°C med procentuella inbesparingen i energi man kan uppnå under dessa dagar.

Potentiell inbesparing för motorvärmare:

a = antalet dagar under vinterhalvåret då temp $-10\text{ °C} \leq T \leq -5\text{ °C}$.

b = totala antalet dagar under vinterhalvåret.

c = procentuella inbesparingen under dagarna då temp $-10\text{ °C} \leq T \leq -5\text{ °C} = 50\text{ %}$.

$$\frac{a}{b} \times c = \frac{62}{151} \times 50\text{ %} = 41,06\text{ %} \times 50\text{ %} = 20,53\text{ %}$$

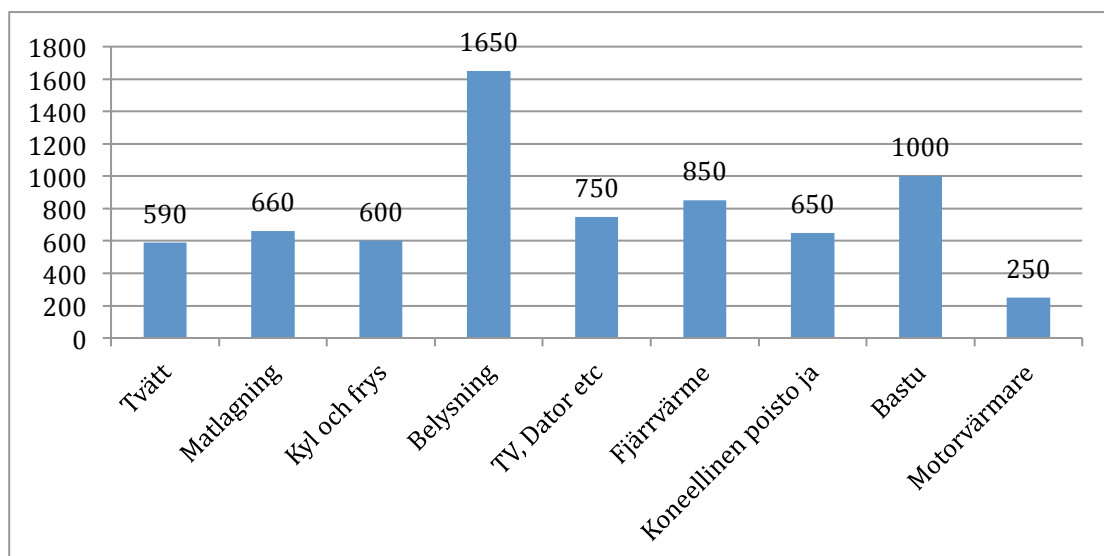
Enligt detta kan man spara in 20 % av energin som motorvärmaren förbrukar genom att styra uppvärmningen med KNX-teknik. Detta värde kommer senare att användas i beräkningarna för energibesparing för modellbostäderna.

5.2 Statistik över genomsnittlig energiförbrukning för bostäder med standardinstallationer

Adato har gjort en undersökning angående energikonsumtionen i finska bostäder i publikationen 'Kotitalouksien sähkökäyttö 2006'. Jag kommer att använda mig av medelvärdena undersökningen kommit fram till som mina referensvärden för energikonsumtion.

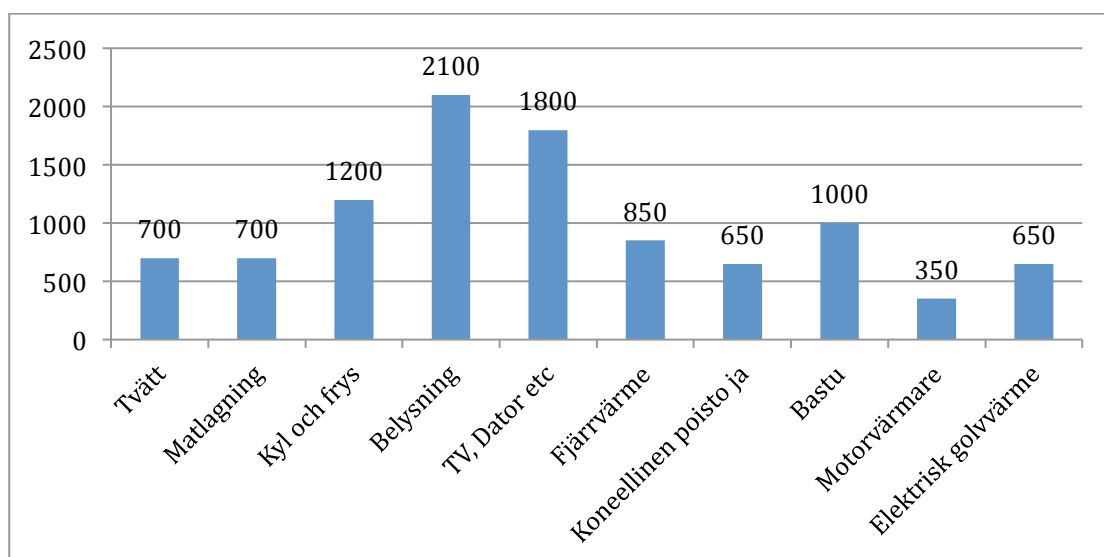
Som modeller för energikonsumtionen kommer jag att använda mig av några olika modeller för egnahemshus med fyra (4) boende. Modellerna klassas också enligt utrustningsnivå. Standardutrustning betyder att det i bostaden finns kyl-/frysanläggning, tvätt- och diskmaskin, en tv med digitalbox och video/dvd som kringutrustning samt en dator. En bostad med hög utrustning har dessutom torktumlare, hemmabiosystem, inspelningsbar digitalbox, tilläggsfrys samt bärbar dator. Kolumnen TV/dator innehåller all underhållningselektronik i hemmet. Denna utrustning är endast igång under användningen, övrig tid är den avstängd med strömbrytare.

Det första exemplet representerar ett egnahemshus på 120 m² med fjärrvärme, standardutrustning och fyra boende. Genomsnittliga energikonsumtionen för denna modell ligger på 7000 kWh/år enligt Adatos undersökning. De största energislukarna i denna modell är belysningen, som står för 24 % av energikonsumtionen, samt bastun. I figur 7 åskådliggörs grafiskt hur energikonsumtionen fördelas för bostaden.



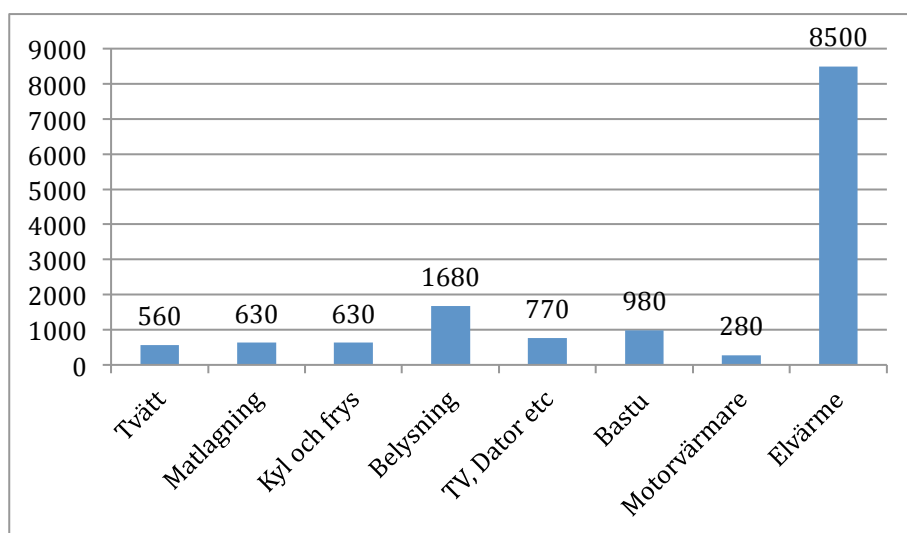
Figur 7. Energiförbrukningsfördelning (kWh) i ett egnahemshus 120 m² med fjärrvärme och standard utrustningsnivå. (Adato, 2008)

I det andra fallet handlar det om ett egnahemshus på 180 m² med fyra boende och hög utrustningsnivå. Energiförbrukningen för denna modell ligger på 10 000 kWh/a. I det här fallet går största delen av energin till belysning (21 %), underhållningselektronik (18 %) samt kyl- och frysanläggningar (12 %). Grafen i figur 8 visar fördelningen av energiförbrukningen för denna modell.



Figur 8. Energiförbrukningsfördelning (kWh) i ett egnahemshus 180 m² med fjärrvärme, hög utrustningsnivå. (Adato, 2008)

Det tredje exemplet motsvarar en modellbostad på 120 m² med elvärme som enda värmekälla. Den årliga totala energiförbrukningen uppgår till 14 000 kWh och energiförbrukningen fördelas enligt grafen i figur 9. Den absolut största energiförbrukaren är elvärmens med 60 %. Belysning (12 %) och bastu (7 %) är de övriga större energiförbrukarna.



Figur 9. Energikonsumtionsfördelning (kWh) i ett egnahemshus 120 m² med elvärme, standardutrustningsnivå. (Adato, 2008)

5.3 Jämförelse mellan standardinstallationer/KNX-styrning

När man ser på fördelningen av energikonsumtionen för de olika modellerna kan man se att potentiella energibesparingsmöjligheter genom byte till KNX-styrning finns framförallt i styrning av belysningen, genom att installera individuell rumskontroll och därmed dra ner på uppvärmningskostnaderna, ventilationsstyrning samt styrning av bilens motorvärme i samtliga fall.

5.3.1 Beräkning av ekonomisk insparning med KNX-teknik

För att räkna ut den ekonomiska insparingen utgår jag ifrån ett medelvärde för elpriserna. Tabellen i figur 10 visar att enligt statistiken som gjorts ligger medelpriset för energi i februari 2011 på 7,5 cent/kWh för höghus och bostäder med fjärrvärme medan medelpriset för eluppvärmda bostäder ligger på 6,6 cent/kWh (EnergiaNet, 2011). Jag använder mig av vinterpriset på el av den anledningen att man sparar mest energi på vintern i och med att uppvärmning och belysning används mest under vintern.

Elpriset i februari 2011

höghus/bostad	eluppvärmd bostad
7,5 c/kWh	6,6 c/kWh

Figur 10. Statistiska elpriset i februari 2011. (EnergiaNet, 2011)

Priset för fjärrvärme varierar kraftigt beroende på vilken ort i Finland man bor på. Vasa Elektriska som sköter om fjärrvärmerna i Vasa har priset 6,7 c/kWh för egnahemshus från och med 1.1.2011 (Energia.fi, 2011). Jag använder mig av detta pris i beräkningarna för den ekonomiska insparingen vad gäller fjärrvärmedelen av energikonsumtionen. Det första fallet med ett egnahemshus på 120 m² och fjärrvärme med fyra boende och standardutrustningsnivå hade en årsenergiförbrukning på 7000 kWh. Med KNX kan man teoretiskt komma ner i en energiförbrukning på ca 5100 kWh. Tabell 5 visar potentiella insparingen som beräknats utgående från informationen i figur 5.

Tabell 5. Potentiell inbesparing i kWh genom byte till KNX-styrning.

120 m ² egnahemshus, fjärrvärme, standardutrustning				
4 personer = 7000 kWh	andel	kWh	KNX	
			inbesparing	kWh
Tvätt	8 %	590	0 %	590
Matlagning	9 %	660	0 %	660
Kyl och frys	9 %	600	0 %	600
Belysning	24 %	1650	60 %	660
TV, Dator etc.	11 %	750	0 %	750
Fjärrvärme	12 %	850	50 %	425
Koneellinen poisto ja lämmön talteenotto	9 %	650	60 %	260
Bastu	14 %	1000	0 %	1000
Motorvärmare	4 %	250	20 %	199
		7000		5144

Utgående från värdena som presenteras i tabell 5 beräknas de årliga kostnaderna för bostaden för elförbrukning och fjärrvärme. Utan KNX teknik i bostaden förbrukas 7000 kWh, varav fjärrvärmen förbrukar 850 kWh. Utgående från dessa värden beräknas kostnaderna till 518,20 €. Den teoretiska kostnaden för bostaden med KNX styrning beräknas enligt samma metod utgående från tabell 5. Den teoretiska årliga förbrukningen ligger på 5144 kWh varav fjärrvärmen förbrukar 425 kWh. Detta skulle ge en årlig kostnad på 382,40 €. Den årliga inbesparingen skulle i så fall bli ca 135 €. Detta åskådliggörs i tabell 6.

Tabell 6. Potentiella ekonomiska inbesparingen genom byte till KNX-system.

kWh tot	kWh el	kWh fjärrvärme	el c/kWh	fjärrvärme c/kWh	Pris €
7000	6150	850	7,5	6,7	518,20
5144	4719	425	7,5	6,7	382,40

ekonomisk inbesparing

135,80 €

Det andra fallet behandlar modellen för ett egnahemshus på 180 m² med 4 boende och fjärrvärme med hög utrustningsnivå. Den årliga energiförbrukningen med standard installationer uppgick till 10000 kWh medan man med KNX teknik teoretiskt kan nå ner till en årsförbrukning på ca 7820 kWh enligt beräkningar utgående från figur 5, vilket kan ses i tabell 7.

Tabell 7. Potentiell inbesparing i kWh genom byte till KNX-styrning.

180 m ² egnahemshus, fjärrvärme, hög utrustning				
4 personer = 10000 kWh	andel	kWh	KNX inbesparing	kWh
Tvätt	7 %	700	0 %	700
Matlagning	7 %	700	0 %	700
Kyl och frys	12 %	1200	0 %	1200
Belysning	21 %	2100	60 %	840
TV, Dator etc.	18 %	1800	0 %	1800
Fjärrvärme	9 %	850	50 %	425
Koneellinen poisto ja lämmön talteenotto	7 %	650	60 %	260
Bastu	10 %	1000	0 %	1000
Motorvärmare	4 %	350	20 %	280
Elektrisk golvvärme badrum	7 %	650	5 %	617,5
		10000		7822,50

Energikostnaderna för bostaden beräknas utgående från värdena i tabell 7. Den årliga energiförbrukningen utan KNX teknik är 10 000 kWh, varav 850 kWh går till fjärrvärme. Elpriset ligger i februari 2011 på 7,5 c/kWh för bostäder med fjärrvärme. Kostnaden för fjärrvärme ligger enligt tidigare på 6,7 c/kWh. Det totala kostnaden per år utan KNX skulle så fall ligga på 743,20 €. Genom att byta ut till KNX-styrning kan man som tidigare nämnt komma ner i en årlig energiförbrukning på 7822,5 kWh varav 425 kWh går till fjärrvärme. Detta i sin tur skulle ge en årlig kostnad på 583,29 €, vilket även åskådliggörs i tabell 8 nedan.

Tabell 8. Potentiella ekonomiska inbesparingen genom byte till KNX-system.

kWh	kWh el	kWh fjärrvärme	pris c/kWh	fjärrvärme c/kWh	Pris €
10000	9150	850	7,5	6,7	743,20
7822,5	7397,5	425	7,5	6,7	583,29

Ekonomisk inbesparing

159,91 €

Den tredje modellbostaden behandlar en bostad på 120 m² med endast eluppvärmning. Enligt statistiken förbrukar en bostad av denna modell ca 14 000 kWh årligen. Genom att utgå från informationen i figur 5 kan man beräkna den potentiella energibesparingen som åskådliggörs i tabellen i tabell 9.

Tabell 9. Potentiell inbesparing i kWh genom byte till KNX styrning.

120 m ² egnahemshus, elvärme, standard utrustning				
4 pers =14000 kWh	andel	kWh	KNX inbesparing	kWh
Tvätt	4,0%	560	0%	560
Matlagning	4,5%	630	0%	630
Kyl och frys	4,5%	630	0%	630
Belysning	12,0%	1680	60%	672
TV, Dator etc	5,5%	770	0%	770
Bastu	7,0%	980	0%	980
Motorvärmare	2,0%	280	20%	224
Elvärme	60,7%	8500	50%	4250
		14030		8716

Som man ser av tabell 9, har man överlägset största chansen att spara energi i modellbostaden med endast eluppvärmning, jämfört med bostäderna med fjärrvärme och elektrisk golvvärme endast i badrummet. Endast elvärmen står för över hälften (60 %) av energikonsumtionen i bostaden. Även belysningen finns det en hel del att spara in på. Genom KNX-styrning kan man dra ner på energiförbrukningen från ca 14 000 kWh årligen till ca 8800 kWh/år. Som ekonomisk inbesparing skulle detta betyda ca 350 €/a i energikostnader, vilket åskådliggörs i tabell 10.

Tabell 10. Potentiella ekonomiska inbesparingen genom byte till KNX-system.

kWh	pris c/kWh	Pris €
14030	6,6	925,98
8716	6,6	575,26

Ekonomisk inbesparing 350,72 €

5.3.2 Jämförelse i belysningskostnader mellan standardbelysning och KNX-belysningsdesign

Jag skall i detta kapitel göra en kort undersökning i modellbostädernas årliga energiförbrukning med avseende på belysning. Utgående från Adatos undersökning kommer jag att spjälka upp den årliga belysningsenergiförbrukningen och räkna bakvägen för att försöka uppskatta hur mycket energi som förbrukas till belysning i ett enskilt rum i de olika bostäderna.

Den mindre bostaden på 120 m² förbrukar årligen i genomsnitt 1650 kWh på belysning. Den större bostaden på 180 m² förbrukar 2100 kWh årligen på belysning. I tabellen i figur 20 har den årliga energikonsumtionen för belysning delats in i daglig förbrukning, timvis förbrukning samt rumsvis förbrukning.

I beräkningarna har jag utgått från att under sommarmånaderna använder man knappt belysning, och därför har det i beräkningarna iakttagits att belysningen används dagligen ca fem timmar endast under 9 månader. Om man räknar med att en månad består av 30 dagar kommer man fram till att belysningen används 270 dagar årligen. Utgående från det

kan man beräkna den dagliga genomsnittliga energiförbrukningen för belysning. Resultatet av detta ger 6,11 kWh för den mindre bostaden och 7,77 kWh för den större bostaden.

Den dagliga förbrukningen uppskattades till fem timmar. Om man utgående från detta beräknar vad bostäderna förbrukar per timme så kommer man till resultatet 1,22 kWh/h för den mindre bostaden och 1,56 kWh/h för den större. Slutligen räknas den genomsnittliga rumsförbrukningen och man kan konstatera att båda bostäderna förbrukar lite över 200 W i belysning i varje rum. Dessa uppskattade beräkningar kan ses i tabellen i tabell 11.

Tabell 11. Belysningsenergiförbruknings jämförelse för de två modellbostäderna.

	120 m ²	180 m ²
Belysning kWh/år	1650	2100
Antal rum	5	7
kWh/dygn	6,11	7,77
kWh/h	1,22	1,56
W/h/rum	244	223

Om man utgår från beräkningarna kan man se att ett rum i undersökningen förbrukar ca 200 W i belysning, vilket kan motsvara fyra stycken 60 W glödlampor. Detta är enligt min egen åsikt ganska höga siffror, men visar att båda bostäderna troligen är utrustade med liknande belysning.

5.4 Investeringskostnad för KNX-komponenter

I detta kapitel kommer jag att beräkna kostnaderna för KNX-komponenterna som behövs för att kunna åstadkomma inbesparingen i energikonsumtion för de tre modellbostäderna som behandlats tidigare samt hur investeringskostnaderna förhåller sig till potentiella inbesparingar, dvs. inbesparingstiden.

Möjligheterna till energibesparing finns i belysningsstyrning, ventilationsstyrning, värmestyrning samt styrning av bilens motorvärme. Följande komponenter kommer att behövas för att åstadkomma inbesparingen.

- Strömkälla, 320 mA eller 640 mA
- Reläer
- KNX brytare
- KNX närvarosensorer (med inbyggd ljusmängdssensor)
- KNX värmestyrningsenhet (för individuell rumskontroll)
- KNX ventilstyrning
- KNX brytare med termostat samt display
- KNX gardinmotorstyrenhet
- KNX ventilationsstyrningsenhet

Om man tar det första modellhuset, som är 120 m² till ytan, och består av fem rum. Energiförbrukningen för bostaden är 7000 kWh/år. KNX komponenterna som införskaffas för att styra huset åskådliggörs i tabell 12.

Tabell 12. Komponentlista för byte till KNX-styrning med maximal energibesparing.

Antal	Produktkod	Produktnamn	å Pris (moms 0%)	Pris
1	BE75010010	KNX Virtualhde 640 mA	397,48	484,93
3	BE75310002	KNX kytkinyksikkö DIN-kiskoon 16/8 x 16 A	736,43	2695,33
6	BE75264001	KNX läsnäolotunnistin, confort	173,43	1269,51
6	BE75040003	KNX väyläliityntäyksikkö (plus)	88,2	645,62
1	BE75710003	KNX DALI gateway	625,65	763,29
1	BE75316003	KNX lämmityksenohjausyksikkö; Triac 6x230 VAC	296,26	361,44
6	BE75900076	Venttiilinoihain 230 V	35,69	261,25
6	BE75900072	Adapteri venttiilinoihaimelle	1,29	9,44
1	BE75663780	Painonappi, 6-osainen termostaatilla ja näytöllä	286,96	350,09
1	BE75040003	KNX väyläliityntäyksikkö (plus)	88,2	107,60
1	MTN649908	KNX verhomoottorioihain K8x/16/10 käsiohjauksella	644,14	785,85
1	BE75312012	KNX puhallinkonvektorinoihain 2x 10 A	365,18	445,52

8179,88

Strömkällan väljs till 640 mA för att klara av att styra all utrustning. Till varje rum införskaffas en närvarosensor med inbyggd ljusmängdssensor för att kontrollera belysningen och värmen. Dessa kräver en buskopplare som fungerar som KNX systemets sändare och mottagare. KNX-systemet programmeras så att sensorerna och/eller brytarna styr reläerna som i sin tur styr funktionerna i bostaden. Buskopplarna fungerar därmed som koppling mellan t.ex. sensorer och reläer. Därtill behövs en Dali Gateway för att styra dimmerfunktionen för lysrör. Halogenlampor rekommenderas inte att dimmas, därför bör helst även lamporna bytas ut.

För kontroll av värmen i rummen behövs en värmestyrenhet som kan styra sex skilda zoner (rum). Till den behövs ventilstyrning, 1 st/zon, samt en adapter till varje ventilstyrning.

Slutligen behövs en ventilationsstyrningsenhet samt gardinmotorstyrning för att maximera energibesparingen i bostaden.

För att kontrollera alla funktioner väljs en sex delars knappbrytare med inbyggd termostat för styrning av de enskilda rummen och display för enkel manövrering. Knappbrytaren kräver också en buskopplare.

Totala kostnaden för komponenterna för KNX-kontrollering av bostaden för att uppnå maximal nedskärning i energiförbrukningen blir ca 8180 €.

Detta pris inkluderar endast komponenterna för styrning av belysning och värme etc. Eventuella lampor samt programmeringskostnader samt installationskostnader tillkommer. Programmeringskostnaden varierar kraftigt beroende på vilken komfortfaktor projektet får. Ju mera funktioner man vill ha i sin bostad, desto mer programmeringstid går det åt. En uppskattning för kostnaden av programmering för projektet hamnar på +/-3000 €.

Det andra modellhuset är 180 m² stort och består av sju rum. Den totala energiförbrukningen för bostaden uppgår till 10 000 kWh/år. Följande komponenter, som visas i tabell 13, behövs för att maximera energibesparingen för bostaden.

Tabell 13. Komponentlista för byte till KNX-styrning med maximal energibesparing.

Antal	Produktkod	Produktnamn	å Pris (moms 0%)	Pris
1	BE75010010	KNX Virtualähde 640 mA	397,48	484,93
4	BE75310002	KNX kytkinyksikkö/moottoriohjain 16/8 x 16 A	736,43	3593,78
8	BE75264001	KNX läsnäolotunnistin, comfort	173,43	1692,68
8	BE75040003	KNX väyläliityntäyksikkö (plus)	88,20	860,83
1	BE75710003	KNX DALI gateway	625,65	763,29
2	BE75316003	KNX lämmityksenohjausyksikkö Triac 6x230 VAC	296,26	722,87
8	BE75900076	Venttiilinojain 230 V	35,69	348,33
8	BE75900072	Adapteri venttiilinojaimelle	1,29	12,59
1	BE75665780	S.1 Painonappi, 10-osainen termostaatilla ja näytöllä	363,17	443,07
1	BE75040003	KNX väyläliityntäyksikkö (plus)	88,20	107,60
2	MTN649908	KNX verhomootoriohjain K8x/16/10 käsiohjauksella	644,14	1571,70
1	BE75312012	KNX puhallinkonvektorinojain DIN-kiskoon; 2x 10 A	365,18	445,52

11047,20

Strömkällan väljs också i det här fallet till modellen 640 mA för att klara av att styra all utrustning. Varje rum kommer att installeras med en närvarosensor med inbyggd ljusmängdssensor för att kontrollera belysningen och värmen. Till dessa behövs en buskopplare för varje sensor. För att styra belysningen väljs en Dali Gateway som klarar av att styra dimmerfunktionen för lysrör.

För kontroll av värmen i rummen väljs två stycken värmestyrenheter. En styrenhet klarar av att styra sex skilda zoner, som här kommer att bestå av individuella rum. Därför behövs två för att få alla rum individuellt kontrollerade. Värmestyrenheten kräver en (1) ventilstyrning för varje zon samt en adapter till varje ventilstyrning.

För att styra ventilationen i bostaden behövs en ventilationsstyrningsenhet samt gardinmotorstyrning för att maximera energibesparingen i bostaden.

Som den centrala kontrollenheten används en 10 delars knappbrytare med inbyggd termostat för styrning av de enskilda rummen och display för enkel manövrering. Knappbrytaren kräver också en väyläliityntäyksikkö.

Totala kostnaden för komponenterna för KNX-kontrollering av den större bostaden för att uppnå maximal nedskärning i energiförbrukningen kommer därmed att uppgå till ca 11 050 €.

Detta pris inkluderar endast komponenterna för styrning av belysning och värme etc. Eventuella lampor samt programmeringskostnader samt installationskostnader tillkommer.

Den sista modellbostaden, på 120 m² och eluppvärmning utrustas med samma komponenter som bostaden av samma storlek med fjärrvärme, med undantag av ventilationsstyrningen. Komponenterna som krävs åskådliggörs i tabellen i tabell 14.

Tabell 14. Komponentlista för byte till KNX-styrning med maximal energibesparing.

Antal	Produktkod	Produktnamn	å Pris (moms 0%)	Pris
3	BE75310002	KNX kytinkyksikkö DIN-kiskoon 16/8 x 16 A	736,43	2695,33
6	BE75264001	KNX läsnäolotunnistin, comfort	173,43	1269,51
6	BE75040003	KNX väyläliityntäyksikkö (plus)	88,2	645,62
1	BE75710003	KNX DALI gateway	625,65	763,29
1	BE75316003	KNX lämmityksenohjausyksikkö; Triac 6x230 VAC	296,26	361,44
6	BE75900076	Venttiilinojain 230 V	35,69	261,25
6	BE75900072	Adapteri venttiilinohjaimelle	1,29	9,44
1	BE75663780	Painonappi, 6-osainen termostaatilla ja näytöllä	286,96	350,09
1	BE75040003	KNX väyläliityntäyksikkö (plus)	88,2	107,6
1	MTN649908	KNX verhomoottoriohjain K8x/16/10 käsiohjauksella	644,14	785,85
				7734,35

5.5 Återbetalningstid för byte till KNX-styrning av bostad

Beräkningarna i kapitel 5.4 gav att investeringskostnaderna för att införskaffa KNX-teknik för att styra bostäderna hamnade på ca 8200 € för den mindre bostaden på 120 m² och ca 11 000 € för den större bostaden på 180 m².

Teoretisk ekonomisk inbesparing för bostad på 120 m² enligt tabell 6 gav resultatet.

kWh	el c/kWh	fjärrvärme c/kWh	Pris €
7000	7,5	6,7	518,20
5144	7,5	6,7	383,72
ekonomisk inbesparing			134,48 €

Investeringskostnad för bostaden = 8179,88 €

Teoretisk återbetalningstid, förutsatt att elpriserna hålls på någotsånär samma nivå, kan sedan beräknas utgående från investeringskostnaden och årliga ekonomiska inbesparingen.

Återbetalningstid för komponenterna = investeringskostnad/årlig ekonomisk inbesparing:

$$\text{Återbetalningstid} = \frac{\text{investeringskostnad}}{\text{ekonomisk inbesparing}} = \frac{8179,88 \text{ €}}{134,48 \text{ €/a}} \approx 61 \text{ år}$$

Teoretisk ekonomisk inbesparing för bostad på 180 m² enligt tabell 8.

kWh	pris c/kWh	fjärrvärme c/kWh	Pris €
10000	7,5	6,7	743,20
7823	7,5	6,7	583,29
Ekonomisk inbesparing			159,91 €

Investeringskostnad för bostaden = 11 047,20 €

Teoretisk återbetalningstid = investeringskostnad/årlig ekonomisk inbesparing

$$\text{Återbetalningstid} = \frac{\text{investeringskostnad}}{\text{ekonomisk inbesparing}} = \frac{11047,20 \text{ €}}{159,91 \text{ €/a}} \approx 69 \text{ år}$$

Teoretisk ekonomisk inbesparing för bostad på 120 m² enligt tabell 10.

kWh	pris c/kWh	Pris €
14030	6,6	925,98
8716	6,6	575,26

Ekonomisk inbesparing 350,72 €

Investeringskostnad för bostaden = 7734,35 €

Teoretisk återbetalningstid = investeringskostnad/årlig ekonomisk inbesparing

$$\text{Återbetalningstid} = \frac{\text{investeringskostnad}}{\text{ekonomisk inbesparing}} = \frac{7734,35 \text{ €}}{350,72 \text{ €/a}} \approx 22 \text{ år}$$

Av detta kan man märka att återbetalningstiden är lång och att det ur ren ekonomisk inbesparingssynvinkel knappast är vettigt att byta ut standardinstallationer till KNX-teknik, i alla fall inte i bostäderna med fjärrvärme. Bostaden med endast eluppvärmning kan däremot vara ekonomiskt lönsamt beroende på hur elpriset varierar i framtiden.

Är man däremot ute efter att få mera komfort och lyx i sin bostad är KNX ett ypperligt alternativ för att verkställa sina drömmar.

6 Diskussion

När man ser tillbaka på tiden man arbetat med detta examensarbete kan man konstatera att uppgiften har varit utmanande och krävande. Att skapa KNX-komponentdatabasen har varit en stor utmaning. Det har krävts en hel del planering och studier eftersom jag inte hade några tidigare erfarenheter av att skapa databaser och inga grundläggande kunskaper i databasteori.

I efterhand kan man konstatera att databasen troligen skulle ha kunnat skapas enklare och bättre med tanke på funktion än vad som nu gjorts, men erfarenheten av att jobba med databaser har varit givande. Databasen kommer troligen att ändra utseende ifall BEMIs planer på att utveckla planeringsapplikationen ytterligare verkställs. Förhoppningar finns på att applikationen ska kunna tas i bruk för kunder och eventuellt även expandera så att övriga KNX-företag börjar använda applikationen.

Indikatorfunktionerna kommer förhoppningsvis att hjälpa kunderna tänka sig för när de planerar sina KNX-bostäder. Det kommer att vara en utmaning att ge alla komponenter trovärdiga värden för indikatorfunktionerna, eftersom det inte hittills har gått att få tag på vettig information från tillverkarna.

Energiundersökningen har gjorts i syfte att ta reda på teoretiska investeringskostnader och återbetalningstider för konvertering till KNX-styrning av bostäder. Efter att ha gjort denna undersökning kan jag konstatera att det ur ren ekonomisk synvinkel inte är lönsamt att investera i KNX-teknik om man vill tjäna in investeringen genom nedskärning av energikonsumtion. I dagens läge är komponentpriserna och programmerings- samt installationskostnaderna fortfarande så pass höga, men om KNX växer och blir mer allmänt använd kanske priserna sjunker och förhoppningsvis kommer det mera tillverkare på marknaden som kan få ner priset på komponenterna.

Däremot kan man konstatera att KNX-teknik är ett intressant alternativ framförallt i nybyggen. Tyvärr innefattar inte denna undersökning jämförelser mellan nyinstallationskostnader av standardinstallationer i bostäder och KNX-teknik i nybyggen. Detta kunde vara en intressant ekonomisk undersökning och personligen kan jag tänka mig att använda mig av KNX-teknik vid eventuellt bostadsbygge. KNX-tekniken utvecklas fortfarande konstant och vem vet vad KNX kan erbjuda i framtiden.

Källförteckning

Adato Energia Oy (2008), *Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006 Tutkimusraportti 2.10.2008*.

Brolin, A. (2002). *Databasskolan: Relationsdatabaser*. Lumano.
<http://www.lumano.se/Artiklar/Relationsdatabaser> (hämtat 02.04.2011).

Energia.fi (2011), *Kaukolämmön hinnat tyyppitaloissa eri paikkakunnilla*.
<http://www.energia.fi/fi/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammonhinta> (hämtat 20.03.2011)

Energianet.fi (2011), *Sähkön hinnat helmikuussa 2011*.
<http://www.energianet.fi/index.php?page=paasivu> (hämtat 06.03.2011).

Ilmatieteenlaitos (u.å). *Vuoden 2010 säät*.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/828> (hämtat 29.03.2011)

KNX.org (2009), *KNX is green*.
<http://www.knx.org/knx/knx-applications/knx-is-green/>

Motiva Oy (u.å). *Moottorin esilämmitys*.
http://www.motiva.fi/files/396/Moottorin_esilammitys.pdf

Rantanen, J. , Sainio, A., Laiho, M., Renkonen, E. & Silpiö, K. (1993).*Relaatiotietokannat*.
Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Products tabellen i KNX-komponentdatabasen

Auto incremented ID	Product Name	Product ID	Product Category	Sub Category	Material	Manufacturer	Number Of Channels	Energy Consumption	Comfort	Carbon Footprint	Price
1	KNX Virtalahde 320 mA	BE75010009	1	1	2	Berker	0	1	1	2	250.31
2	KNX Virtalahde 640 mA	BE75010010	1	1	3	Berker	0	1	1	2	382.19
3	KNX Virtalahde 640 mA varavirtalaheliitannalla	BE75010015	1	1	5	Berker	0	1	1	2	457.51
4	KNX Teholahde 320mA varavirta	MTN683832	1	1	4	Schneider electric	1	1	2	3	293.27
5	KNX Teholähde 640mA varavirta	MTN683890	1	1	5	Schneider electric	1	1	2	3	167.73
7	KNX Teholahde 320mA	MTN684032	1	1	2	Schneider electric	1	1	2	3	250.49
8	KNX Teholahde 640mA	MTN684064	1	1	3	Schneider electric	1	1	2	3	325.69
9	Lyijyakku 12 V	BE75900068	1	2	1	Berker	0	1	1	2	99.94
10	Varateholahde akku 12V 7,2 Ah	MTN668990	1	2	2	Schneider electric	1	1	2	3	49.00
11	Varateholahde akku 12V 18 Ah	MTN668991	1	2	3	Schneider electric	1	1	2	3	94.59
12	Varateholahdeyksikko DIN	MTN683901	1	3	0	Schneider electric	1	1	2	3	117.31
13	Virtalahde 24 VDC	BE75910001	1	4	1	Berker	0	1	1	2	119.38
14	Teholähde 24 V AC/1A	MTN663529	1	4	2	Schneider electric	1	1	2	3	94.40
15	Teholähde 24 V DC/0.4A	MTN693003	1	4	3	Schneider electric	1	1	2	3	128.72

ProductCategory tabellen i KNX-komponentdatabasen

Id	ProductCategory
1	Teholahteet
2	Jarjeselmatarvikkeet
3	Rajapinnat/Gatewayt
4	Painikkeet
5	Binaaritulot
6	Tunnistimet
7	Aikayksikot
8	Saa-asemat
9	Releet/kytkinyksikot
10	Verhotoimilaitteet
11	Valonsaatimet
12	Lampotilaohjaus
13	Nayttopaneelit
14	Analogiset tulo-/lahtoyksikot